

УДК 669.018.95; 669.293

Д. В. Прохоров* В. П. Коржов, И. С. Желтякова

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка

*prohorov@issp.ac.ru

ПРОЧНОСТЬ И СТРУКТУРА СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ (Ti–Al)- И (Mo–Si–C)-СПЛАВОВ С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМ И КАРБИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Исследовались жаропрочные композиты из сплавов (Ti–Al) и (Mo–Si–C) с интерметаллидным и карбидо-силицидным упрочнением. Композиты получали диффузионной сваркой под давлением пакетов из фольг титана и алюминия и пакетов из Mo-фольг с (Si–C)-покрытием. Слоистые структуры формировались вследствие твердофазного взаимодействия между Ti- и Al-фольгами, Mo-фольгами и покрытиями.

Ключевые слова: композит, слоистая структура, интерметаллическое соединение, твердофазный способ, металлическая матрица, диффузионная сварка, прочность, трещиностойкость

D. V. Prokhorov, V. P. Korzhov, I. S. Zheltjakova

STRENGTH AND STRUCTURE OF LAMINATED COMPOSITES FROM (Ti–Al)- AND (Mo–Si–C)-ALLOYS WITH INTERMETALLIDE AND CARBIDE HARDENING

We studied heat-resistant composites from alloys (Ti–Al) and (Mo–Si–C) with intermetallic and carbide-silicide hardening. Composites were obtained by diffusion welding under pressure of packages of titanium and aluminum foils and packages of Mo-foils with (Si–C)-coating. Layered structures were formed due to the solid-phase interaction between: Ti- and Al-foils, Mo-foils and coatings.

Key words: composite, layered structure, intermetallic compound, solid-phase method, metal matrix, diffusion welding, strength, crack resistance

Многослойные пакеты состояли из чередовавшихся тонких фольг титана и алюминия, пакеты Mo/(Si, C) — из Mo-фольг с су-

спензионным покрытием из порошковой смеси кремния и сажи. Пакеты подвергались диффузионной сварке в течение 1,5–2 ч под давлением 15–18 МПа в вакууме порядка 10–4 мм рт. ст. при температурах 1200 и 1450 °С для Ti/Al- и Mo/(Si, C)-пакетов соответственно.

Слоистая структура Ti/Al-композитов, сформировавшаяся при сварке вследствие реактивной диффузии между фольгами титана и алюминия, состояла из слоев вязко-пластичного твердого раствора Al в титане с дискретными выделениями Ti_3Al и образовавшихся на месте Al-фольг диффузионных слоев из интерметаллических соединений $TiAl_2$, $TiAl$ и Ti_3Al (рис. 1), которые исполняли роль жаропрочной составляющей композита. Результаты испытаний на прочность при изгибе для трех Ti/Al- композитов, отличавшихся отношениями t_{Ti}/t_{Al} , где t — толщина фольг титана и алюминия, при комнатной температуре и повышенных температурах в интервале 650–850 °С представлены на рис. 2.

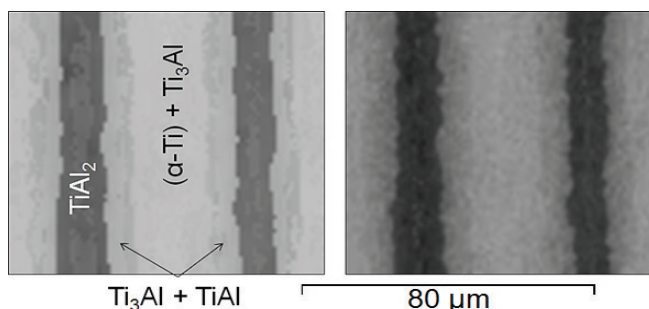


Рис. 1. Микроструктура Ti/Al-композита после диффузионной сварки

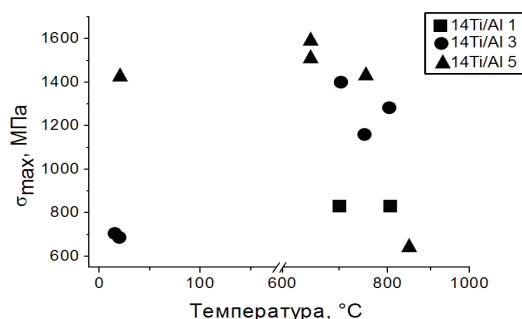


Рис. 2. Зависимость предела прочности Ti/Al-композитов при испытаниях на трех точечный изгиб при комнатной температуре и в интервале 650–850 °С

При 650–800 °С прочность слоистых композитов достигала высоких значений — 1200–1500 МПа.

Слоистые композиты Mo/(Si–C) на основе молибдена с карбидо-силицидным упрочнением предназначены для температур выше 1300 °С. Фрагменты его слоистой структуры из вязко-пластичного твердого раствора на основе молибдена и упрочняющих слоев с карбидными фазами и интерметаллидами с кремнием представлены на рис. 3.

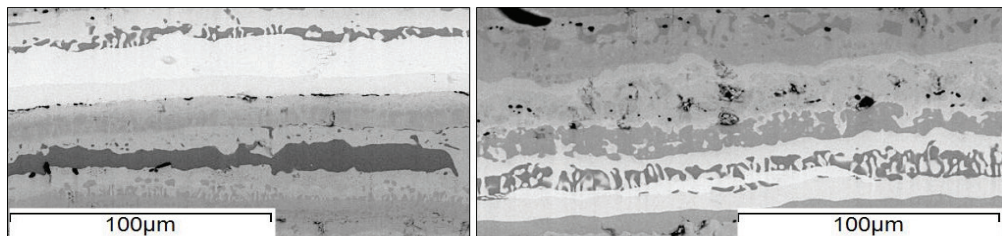


Рис. 3. Характерные микроструктуры слоистых композитов Mo/(Si–C)

Так как слоистая структура композитов сильно анизотропная, то испытания на прочность полезно проводить, прикладывая нагрузку перпендикулярно (\perp) и параллельно (\parallel) плоскости слоев. Получены следующие результаты: при комнатной температуре — 246 ± 48 , если \perp , и 242 ± 26 МПа, если \parallel , то есть анизотропия отсутствует. В температурном интервале 1030–1450 °С — 248 ± 59 , если \perp , и 306 ± 17 МПа, если \parallel , то есть анизотропия наблюдается.